

オーロラに伴う電離圏波動の研究 (計画)

北村泰一*・小川 徹**

On TID Observation Program in the Auroral Zone

Tai-Ichi KITAMURA* and Tohru OGAWA**

Abstract: A future plan of TID observation at Syowa Station by means of the HF Doppler technique is proposed. The purpose of the observation is to locate the generation source of the *medium-scale* TID, and also to estimate the temperature of the neutral atmosphere at the ionospheric heights by observing the dispersion of the gravity waves. A network of observation stations (one receiving station (Syowa Station) and three transmitting stations), assuming the distance between paired stations to be 80 km to 300 km, is necessary to carry out the above purpose. The electric power at a station is expected to be supplied by the windmill generator.

要旨: この論文では、昭和基地における HF ドップラー法による TID の観測が提案されている。TID の中でも、現在その性質や発生源がよくわかっていない中規模 TID に特にねらいをつけ、送受信局の距離を 80-300 km に想定し、重力波の方位と分散を測定して、その発生源の位置を推定し、また、電離層高度における中性大気の評価するのがその主な目的である。具体的な場所を提案し、その費用の概略も算出されている。

1. は じ め に

MUNRO (1950) の先駆的な研究から 10 年余りたって、TID が電離層高度における中性大気中の内部重力波の 1 つの表現であるとの仮説を HINES (1960) が提唱して以来、この高度における中性大気波動の研究には、もっぱら TID が利用されてきた。

これら TID は、現在、便宜上 2 つの種類 (大規模 TID, LTID と中規模 TID, MTID) にわけられて、両者共に極地方から中低緯度に伝搬することが知られているが、他の性質については、これら LTID と MTID とではかなり異なっていると考えられている。す

* 九州大学理学部物理学科. Department of Physics, Kyushu University, Hakozaki, Higashi-ku, Fukuoka 812.

** 京都大学工学部附属電離層研究施設. Ionospheric Research Laboratory, Kyoto University, Gokanoshō, Uji 611.

表 1 LTID と MTID の比較

Table 1. Comparison between the large scale (LTID) and the medium scale TIDs (MTID).

	LTID	MTID
伝搬方向	極→赤道地方	極→赤道地方
伝搬速度	400–1000 m/s	100–250 m/s
波動周期	数時間	数分～1時間
スケール	4000 km 以上	1000 km 以下
K_p との関係	正の相関	不明

なわち、まず伝搬速度については、LTID は大気中の音速 (~ 300 m/s) よりかなり速い位相速度 (400–1000 m/s) をもつものに対し、MTID の速度は、100–250 m/s で音速を下まわる。周期や波長も、前者 (LTID) はそれぞれ 30 分–3 時間、 ~ 1000 km をこすのに、後者 (MTID) は、周期も 15 分–1 時間位、波長もせいぜい数 100 km 程度である。これらの性格の差は、表 1 にまとめられている。要するに、LTID は長波長、長周期、高伝搬速度であり、一方 MTID は、それに比べると短波長、短周期、低伝搬速度と互に対蹠的である。さらに、LTID は磁気じょう乱と密接な関係にあることが知られていて、オーロラ活動がその起源に深く結びついていることが推察されているが、MTID は LTID よりかなり観測頻度が高いにもかかわらず、その発生源についての定説は現在のところないようである。しかし、両者とも極地方から中低緯度へ伝搬するので、いずれオーロラ活動が何らかの形で、この MTID の発生に関係しているものと筆者達は予想している。

昭和基地には、現在超高層大気研究に関する諸種の測定機器が揃っており、さらに将来にむけて充実される傾向にあるが、この電離層高度の大気波動に関する観測は、いまだかつて試みられたことはない。そこで筆者達は、昭和基地およびその周辺のいくつかの地点に測定機器を配置し、TID の観測、とくに原因のよくわかっていない MTID に目標をおいて観測する計画を考えている。

TID の観測方法については、地上からの下層探査 (bottomside sounding)、フェラデー一回転法等いくつかの測定手段があるが、これらのうち、筆者達がすでに観測の経験をもっていて、かつもっとも経済的な HF ドップラー法を用いることにする。

2. 計画のねらい

この計画のねらいは、TID の発生源の同定と、電離層高度における中性大気温度の間接的な測定である。

中性大気には、

$$\omega_a^2 = \frac{\gamma g^2}{4C_0^2} \quad (1)$$

$$\omega_b^2 = \frac{(\gamma-1)g^2}{C_0^2} \quad (2)$$

で表される2つの特性周波数がある。ここで γ は断熱定数、 g は重力加速度、 $C_0^2 = \gamma RT/M$ で音速である。この ω_a は acoustic cutoff、 ω_b は Brunt-Väisälä 周波数と呼ばれているものである。

TID の群速度 V_g は分散性を示し、高周波領域 ($\omega > \omega_a$, 音波領域) と低周波領域 ($\omega < \omega_b$, 重力波領域) にわかれている (図 1)。このうち、とくに興味のあるのは、図 1 の右の部分、つまり ω_b より低い周波数領域の波動であるが、図からわかるように、 V_g は $\phi=0$ (ϕ は水平面と \mathbf{K} とのなす角) かつ $\omega \rightarrow 0$ の極限以外は分散を示すので、多点観測によりこの分散を測定することによって ϕ と V_g を決定することができ、さらにそれから発生源の方位と距離を推定することができる。分散曲線が決定できると ω_b がきまり、結局式(2)によって C_0 または温度 T が決定できるはずだと考えられる。問題は、こう

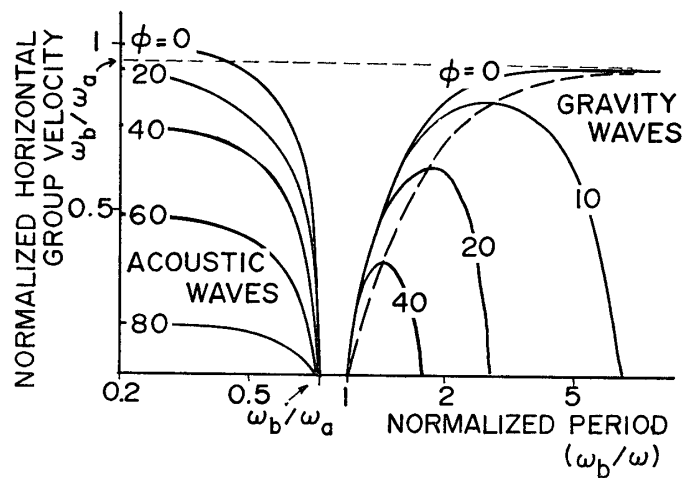


図 1 群速度 ($\phi=0$ の群速度に規格化) の周期依存性 (FRANCIS, 1975 による)

Fig. 1. Contours of constant ϕ (the angle between the horizontal and the group velocity of acoustic-gravity waves) as a function of horizontal group velocity and period (after FRANCIS, 1975).

した分散性をもつ TID が、観測できるような現象として存在するか否かであるが、これは観測結果にまつより仕方がない。

3. 実 施 計 画

3.1. 概 要

HF ドップラー法の欠点の 1 つは、送信局があまりに離れていると、信号は多重反射経路をとってドップラー幅が広くなり、現象として不明確になってしまうことである。JONES (1970) が、南極で最初の HF ドップラー観測を行ったとき、スペクトルがぼやけてしまって思わしい観測ができなかったのも、送受信の距離が 1000 km をこえることによる、多重反射効果によるものではないかとも考えられる。

本計画の実施に際しては、初期において最適のスパンを求めることとし、出力は 30–50 W、周波数は 2–10 MHz の範囲で 3 波を出すことを考えている。

観測については、3 地点送信 1 地点受信方式と、その逆、すなわち 1 地点送信 3 地点受信方式の 2 方式があるが、現象のタイミングに不明確さを残さぬためには、前者、つまり 3 地点送信 1 地点受信方式が有利である。しかし、この場合、送信には 100–200 W の電力が必要であり、しかも連続送信なのでバッテリー等による電源ではまかなえきれず、風力発電に頼らざるを得ないという欠点がある。

必要経費は、送受信とも平均 1 観測地点分 200 万円であり、送受合計 4 地点分として 800 万円–1000 万円程度の費用となる。ただし、電源のための風力発電機や観測棟等は含まれていない。

3.2. 年 次 計 画

3.2.1. 第 1 期（最初の 3 年間）

初年度は、試行として 1 点観測を行うにとどめる。すなわち、昭和基地に送信所をおき、雪上車を受信局として 50–100 km を旅行し、どの程度の距離でどのような現象が観測されるかを試測する。なお「ふじ」にも受信機を積み、帰国途中どのあたりの距離迄受信できるかをチェックすることも必要であろう。

第 2 年次、第 3 年次には、第 1 年次の試行結果に基づき、3 地点観測網を設ける。50–80 km のネットを想定すれば、具体的には昭和基地受信、プリンスオラフ海岸、現在の無人観測点、パッドの 3 送信点が考えられるが（図 2）、プリンスオラフ海岸やパッドで風

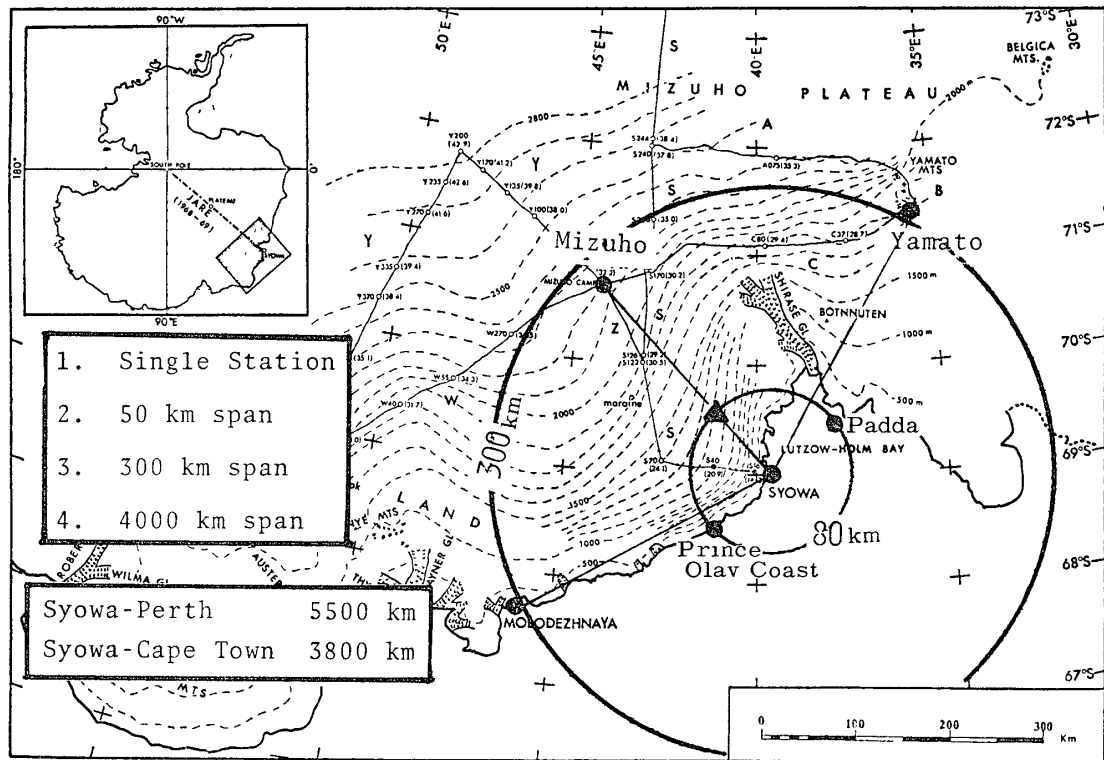


図 2 80 km および 300 km スパンの観測網配置

Fig. 2. Proposed networks with 80 km and 300 km distances in the vicinity of Syowa Station.

力発電機が使用できるか否かに問題がある。

3.2.2. 第2期 (次の3年間)

スパンを 300 km にのばすと、昭和基地受信、マラジョージナヤ、みずほ基地、やまと山脈の3地点に送信所をおくことになる (図 2)。この場合、みずほ基地はよいとしても、マラジョージナヤに送信局をおくには、国際的な交渉を必要とするし、やまと山脈に無人送信局をおくといっても、そう簡単にゆくものでもないので、この第2期計画の実現には、関係者のかなりの熱意と周囲の理解が必要である。

文 献

- FRANCIS, S. H. (1975): Global propagation of atmospheric gravity waves; A review. *J. Atmos. Terr. Phys.*, **37**, 1011-1054.
 HINES, C. O. (1960): Internal atmospheric gravity waves at ionospheric height. *Can. J. Phys.*, **38**, 1441-1481.

- JONES, J. E. (1970): Observation of ionospheric disturbances in Antarctica during 1968. ESSA, Tech. Pap., ERL 153-SDL 12.
- MUNRO, G. H. (1950): Traveling disturbances in the ionosphere. Proc. R. Soc. London, **A202**, 208-223.

(1978年6月10日受理)